干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

doi:10.12118/j.issn.1000－6060.2019.04.05

内蒙古干湿环境演变与地区生态建设优势气候背景分析①

代海燕， 李 丹， 娜日苏， 陈素华， 都瓦拉
（内蒙古生态与农业气象中心，内蒙古 呼和浩特 010051）

摘 要：通过内蒙古地区近46 a降水和潜在蒸散量以及湿润度在气温突变前后的倾向率和差值变化分析，得出该区域主要植被类型干湿环境演变的时空变化特征。研究结果表明：降水在气温突变前“东增西减”，突变后呈相反的变化趋势。46 a降水倾向率增加区域主要集中在呼伦贝尔市东部和乌兰察布市以西大部地区；潜在蒸散量在气温突变前呈减少趋势，突变后有增加趋势，突变后潜在蒸散量明显小于突变前。内蒙古46 a潜在蒸散量倾向率大部地区偏小，偏大区域仅存在于中东部偏北地区，气温突变后全区大部地区存在明显的“蒸发悖论”；大兴安岭西麓和乌兰察布市以西地区突变后湿润度增加明显，暖湿的气候环境有利于当地植被建设和生态恢复，内蒙古东南部、呼伦贝尔草原和锡林郭勒盟草原区有暖干化趋势，上述草原区存在潜在退化风险。

关 键 词： 内蒙古；气候变化；降水量；潜在蒸发量；湿润指数
文章编号： 1000－6060(2019)04－0745－08(0745～0752)

全球气候变化和人类活动的加剧[1]，使区域降水、蒸发的时空分布发生新的变化，因此对降水、蒸发的时空分布、多尺度分析和突变特征研究已成为热点。受全球变暖的影响，越来越多的研究[2－4]由只关注区域单一气象要素，逐渐转变为对水量、能量平衡的综合分析。潜在蒸散量是指水分供应充足条件下区域的蒸发能力，又称参考作物蒸散量，是计算实际蒸散量的基础[5]，作为水资源评价的主要内容，已被广泛的应用于农业灌溉、作物需水量估算[6]、生态环境恶化[7]等方面的研究中，关于潜在蒸散量的计算模型[8－9]、时空变化特征[10－11]及相关原因[12－14]也取得了大量的成果，降水与潜在蒸散的比值一定意义上代表着水分盈亏，对陆地生态系统影响重大，而水分亏缺又是干旱半干旱区最为严重的气象和水文灾害，因此研究降水与蒸散比值的湿润度变化趋势对地区生态建设和植被恢复具有重大。内蒙古东西跨度大，地处东南季风影响的季风边缘区，是我国西北干旱区向东北湿润区和华北旱作农业区的过渡带，大部地区属于干旱半干旱区，是气候变化敏感区及生态环境脆弱区[15]。本文通过分析内蒙古地区近46 a气温突变前后降水、潜在蒸散量和湿润度不同时空尺度的变化特征，探讨了各因子在气温突变前后时空变化，并分析了变暖背景下，地区气温升高与潜在蒸散量减少的“蒸发悖论”[16－18]现象的空间分布，以干旱半干旱区的主要限制因子水分条件为地区生态建设的优势气候背景因素，分析地区干湿环境变化对当地生态建设利弊影响，旨在为保护、合理利用地区气候资源提供参考，为地方政府制定应对气候变化方案提供科学依据。

1 研究区概况

内蒙古自治区位于126°04′～97°12′ E，37°24′～53°23′ N之间，东西直线距离约2 400 km，南北直线距离1 700 km；东、南、西依次与黑龙江、吉林、辽宁、河北、山西、陕西、宁夏和甘肃8省区毗邻，跨越三北（东北、华北、西北），靠近京津；北部同蒙古国和俄罗斯联邦接壤，国境线长4 200 km。全区地势较高，

① **收稿日期：** 2018－12－18； **修订日期：** 2019－03－24
基金项目： 国家自然科学基金项目（41461102）；林业公益性行业专项（201304206）；内蒙古自治区自然科学基金项目（2016MS0376，2010MS0606，2017MS0376）
作者简介： 代海燕（1978－），男，辽宁阜新人，高级工程师，主要从事林业气象与生态气象方面的研究. E-mail：daihaiyan2003@163.com.
通讯作者： 娜日苏. E-mail：294623713@qq.com

平均海拔 1 000 m 左右,基本上是一个高原型的地貌区。在山地与高平原、平原的交接地带,分布着黄土丘陵和石质丘陵,其间杂有低山、谷地和盆地分布,水土流失较严重。总的气候特点是春季气温骤升,多大风天气,夏季短促而炎热,降水集中,秋季气温剧降,霜冻往往早来,冬季漫长严寒,多寒潮天气。

2 数据与方法

2.1 数据

本研究使用了 1971—2016 年内蒙古地区 107 个气象台站的日平均气温、最高气温、最低气温、平均相对湿度、平均风速、日照时数、降水等气象数据,该资料来源于内蒙古自治区气象局气象资料数据库,内蒙古各盟市的空间分布如图 1 所示。

2.2 潜在蒸散量

蒸散量的计算采用联合国粮农组织(FAO)的 Penman-Monteith 公式[19-20],其表达式为:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + r\frac{900}{T+273}U_2(e_s - e_a)}{\Delta + r(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

式中:ET_0 为参考作物蒸散量($mm \cdot mon^{-1}$);r 为干湿表常数($kPa \cdot ℃^{-1}$)。Δ 为饱和水汽压与空气温度关系曲线的斜率($kPa \cdot ℃^{-1}$);R_n 为冠层表面净辐射($MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$);$G$ 为土壤热通量($MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$);$T$ 为 2 m 高处平均气温(℃);U_2 为地面以上 2 m 高处的风速($m \cdot s^{-1}$);e_s 为饱和水汽压(kPa);e_a 为实际水汽压(kPa)。

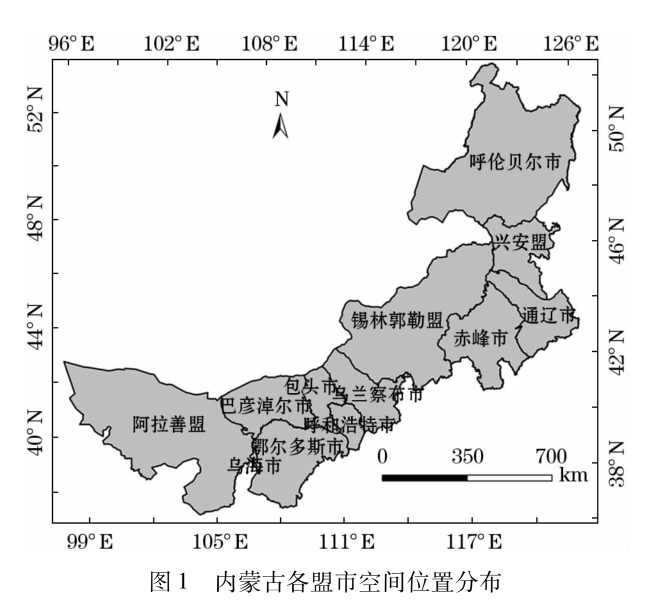


图 1 内蒙古各盟市空间位置分布

Fig. 1 Cities spatial distribution map of in Inner Mongolia

2.3 湿润度

湿润指数是表示某一地区干湿状况的指标。常用降水量与蒸散量之比来表示[8,13],其公式为:

$$W = \frac{P}{ET_0} \quad (2)$$

式中:P 为年降水量(mm);ET_0 为年潜在蒸散量(mm)。

2.4 M-K 突变分析

M-K 方法是由世界气象组织推荐的应用于时间序列分析的方法,已经广泛应用于检验水文气象资料的趋势成分。本文运用 M-K 方法判断内蒙古地区气温突变的年份[11]。

2.5 相关与回归分析

数据采用 Excel2013、SPSS 软件进行数据整理与统计分析。

3 结果与分析

3.1 平均气温趋势和突变分析

1971—2016 年内蒙古地区温度呈逐渐上升趋势,特别是 1988 年以后整个地区暖化趋势明显,大部年份气温都处于平均值以上,其气候倾向率为 $0.039\ ℃ \cdot (10\ a)^{-1}$,线性回归相关系数 $r = 0.799 > r_{0.01}$,呈极显著增加趋势(图 2a)。M-K 突变检验结果可以看出内蒙古自治区年平均气温 UF 曲线和 UB 曲线在 1988 年相交,因此判断年平均气温突变年份为 1988 年(图 2b)。

3.2 气温突变前后降水变化

气温突变前内蒙古降水量东部区呈增加趋势,中西部呈减少趋势,增加区域主要集中在东部四个盟市及锡林郭勒盟南部地区,其中东部区大部地区降水量上升趋势达 $30\ mm \cdot (10\ a)^{-1}$,乌兰察布市及其以西大部地区呈减少趋势,局地有镶嵌分布(图 3a)。气候突变后,中东部地区降水减少,增加区域主要在呼伦贝尔市大兴安岭岭上及岭东偏南部,呼和浩特及其以西大部地区(图 3b)。突变后降水量增加区域主要集中在呼伦贝尔市大兴安岭岭东、东部偏南地区及乌兰察布市以西大部地区,降低区域主要分布在呼伦贝尔市西北部、兴安盟大部、锡林郭勒盟和乌兰察布市大部,通辽市和赤峰市以镶嵌分布为主(图 3c)。46 a 整体来看,呼伦贝尔市东部、兴安盟北部、呼和浩特及其以西大部地区为降水量增加主要区域,降低区主要在呼伦贝尔市西部,东

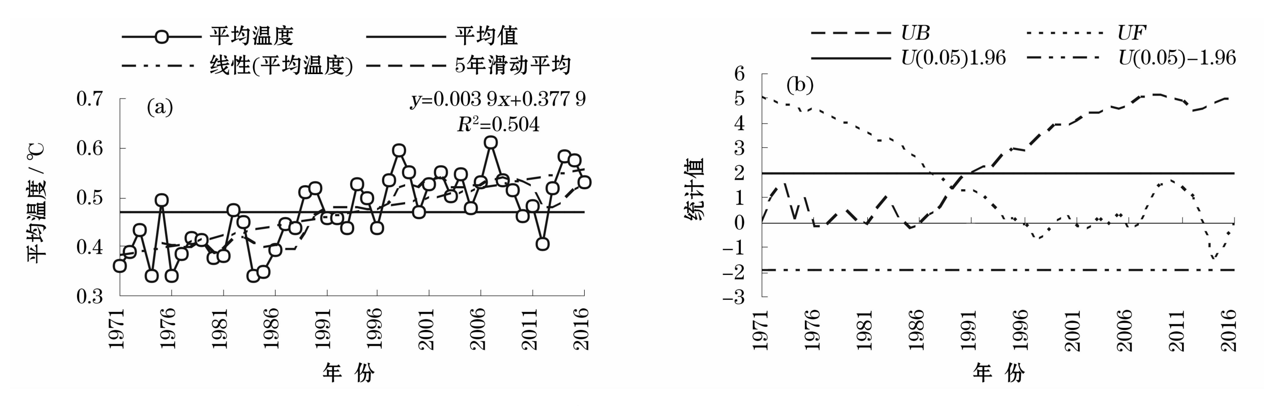


图 2　1971—2016 年内蒙古年平均气温变化趋势及突变分析

Fig. 2　Temperature change trend and mutation analysis in Inner Mongolia from 1971 to 2016

图 3　1971—2016 年内蒙古降水量倾向率变化及气温突变前后变化和空间分布

Fig. 3　Precipitation tendency rate change and the change trend and spatial distribution before and after temperature mutation in Inner Mongolia from 1971 to 2016

部偏南大部、锡林郭勒盟和乌兰察布市地区(图 3d)。

3.3　气温突变前后潜在蒸散量变化

气温突变前内蒙古大部地区 ET_0 呈减少趋势(图 4a)。气温突变后大部地区 ET_0 有增加趋势,降低区域主要分布在通辽市南部和包头市南部,其余大部地区以上升为主,随着温度增加,ET_0 也呈增加

趋势(图4b)。气温突变后年平均 ET_0 大部地区减少,增加区域主要分布在中东部偏北地区,其中呼伦贝尔市西北部、赤峰市北部、锡林郭勒盟中部相对集中(图4c)。整体来看,近46 a ET_0 大部地区减少,呼伦贝尔市北部、赤峰市北部及锡林郭勒盟大部为增加区,相对于气温的持续增加,内蒙古大部地区存在明显的"蒸发悖论"(图4d)。

3.4 气温突变前后湿润度变化

气温突变前内蒙古大部地区湿润度呈增加趋势,降低区主要分布在锡林郭勒盟中部、乌兰察布市南部、呼和浩特市东北部、巴彦淖尔市西部和阿拉善盟北部地区(图5a)。气温突变后乌兰察布市及其以西大部地区湿润度增加,以东大部区域减少且以镶嵌分布为主,其中锡林郭勒盟为区域性降低(图5b)。突变后呼伦贝尔市西部,兴安盟西部、通辽市大部、赤峰市北部和锡林郭勒盟西北部年平均湿润度降低,乌兰察布市以西大部地区湿润度增加(图5c)。整体来看,近46 a 湿润度呼伦贝尔市西北部、兴安盟南部,通辽市和赤峰市北部,锡林郭勒盟大部地区降低趋势明显,中西部地区有增加趋势(图5d)。

3.5 全区突变前后变化

近46 a 内蒙古地区年平均 ET_0 突变前呈显著降低趋势,突变后呈增加趋势(图6a);降水量在突变前变化较为平稳,突变后呈略微减少趋势,波动幅度大于突变前,年平均降水量变化不明显,但降水强度和变率增加仍会加剧地区灾害风险(图6b);湿润度突变前呈微弱增加趋势,突变后有弱的减少趋势,

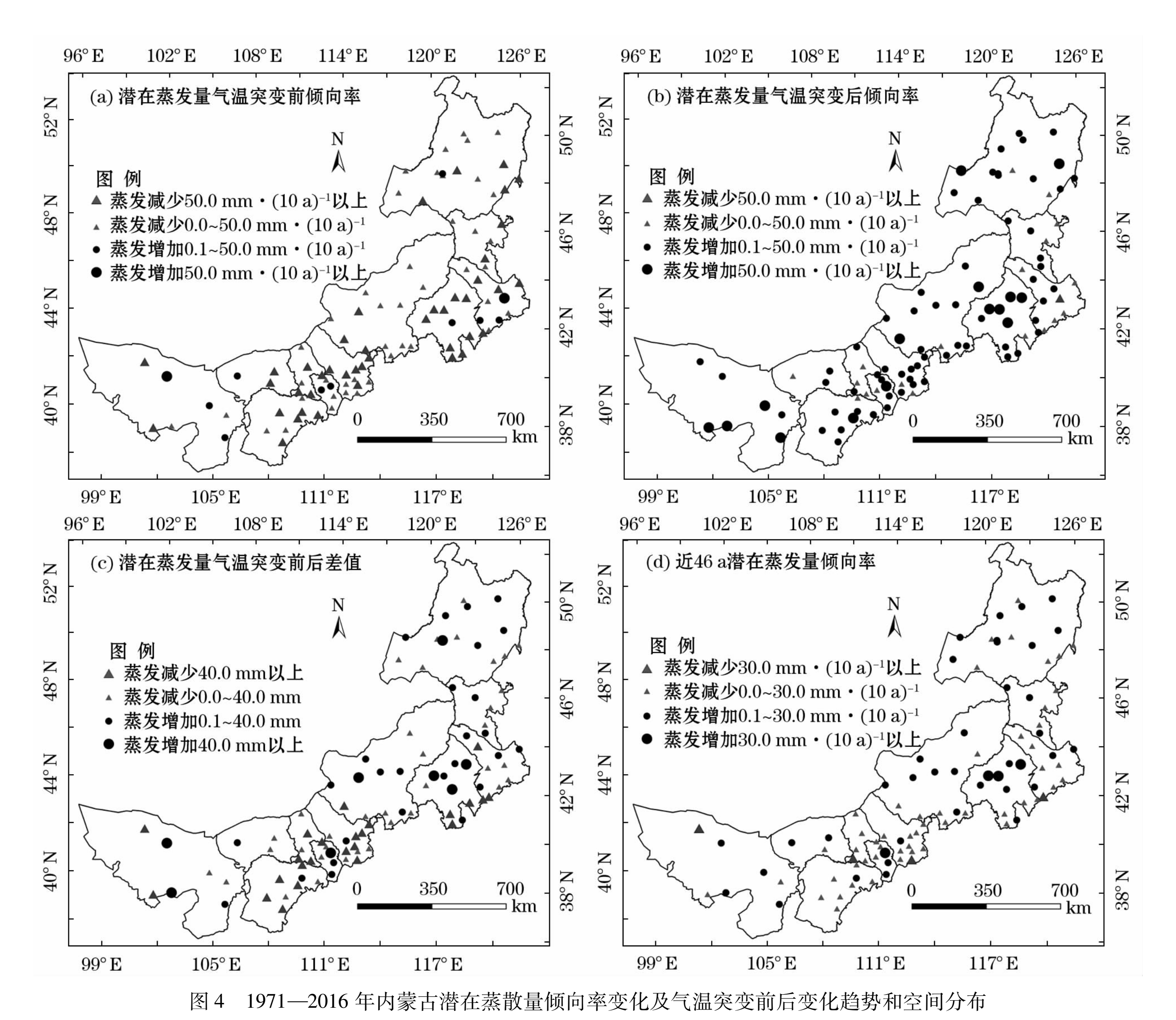


图4 1971—2016年内蒙古潜在蒸散量倾向率变化及气温突变前后变化趋势和空间分布

Fig. 4 Potential evapotranspiration tendency rate change and the change trend and spatial distribution before and after temperature mutation in Inner Mongolia from 1971 to 2016

干湿变化波动加大,灾害风险加剧(图6c)。综合来看,近46 a内蒙古地区 ET_0 有降低趋势,降水量变化相对平稳,气温突变后降水减少,潜在蒸发增加,全区暖干化趋势明显(图6d)。

3.6 不同植被类型生态建设优势气候背景分析

内蒙古大部地区属干旱半干旱区地区,水分条件是地区植被恢复和生态建设的主要限制因子,地区干湿环境变化是决定未来植被建设气候背景优劣重要指标。结合内蒙古下垫面植被分布来看,近46 a内蒙古生态建设气候背景优势区主要分布在东北林区、西部荒漠、草原化荒漠和荒漠草原区,上述地区降水增多的贡献较大。呼伦贝尔市西部、赤峰市北部山地以及锡林郭勒盟草原区气候大背景不利于当地植被恢复和生态建设,气候背景相对偏干,主要是由降水偏少和蒸散增加共同作用,导致地区湿润度降低,该地区应加强自然封育和草原区生态稳定的维持,减少人为干扰,不适宜在偏干的气候背景下进行大规模人工植被建设。西部区林草建设处于优势气候背景条件下,应积极开展地区植被恢复和生态建设工程,也要考虑人工植被在气象条件不利的那个周期阶段,尤其是历史上湿润度较低阶段,只有度过波动中有弊的周期,才能保证人工植被的平稳过渡,地区生态稳定性才能得以维持。综合来看,近20 a内蒙古地区西部区荒漠、草原化荒漠和荒漠草原区处于偏湿的气候背景,处于生态建设相对有利的气候阶段,这也是近几年西部区植被覆盖率明显增高的原因。内蒙古主要典型草原区呼伦贝尔草原和锡林郭勒草原处于阶段偏干状态,防止草原退

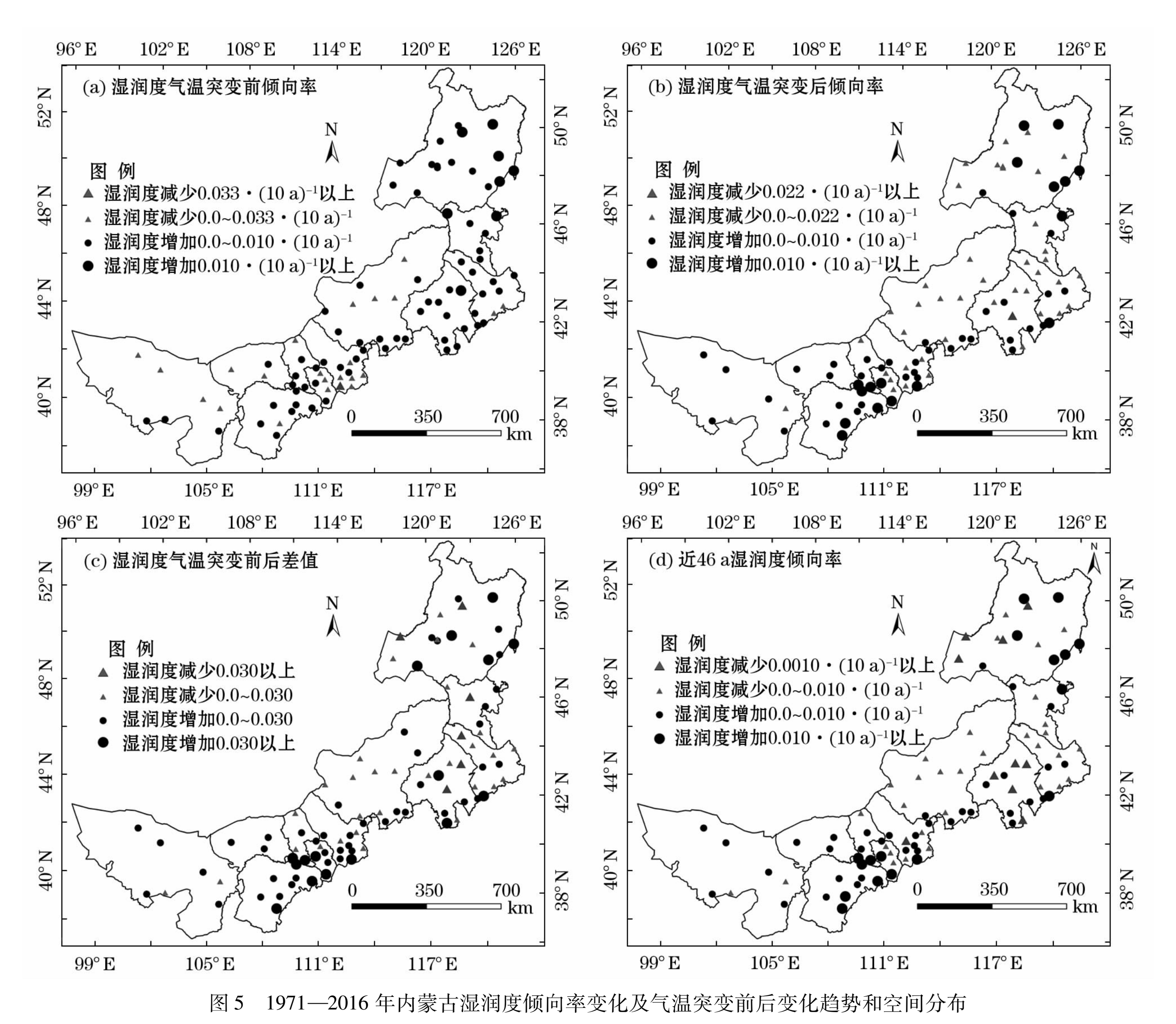


图5 1971—2016年内蒙古湿润度倾向率变化及气温突变前后变化趋势和空间分布

Fig. 5 Moisture index tendency rate change and the change trend and spatial distribution before and after temperature mutation in Inner Mongolia from 1971 to 2016

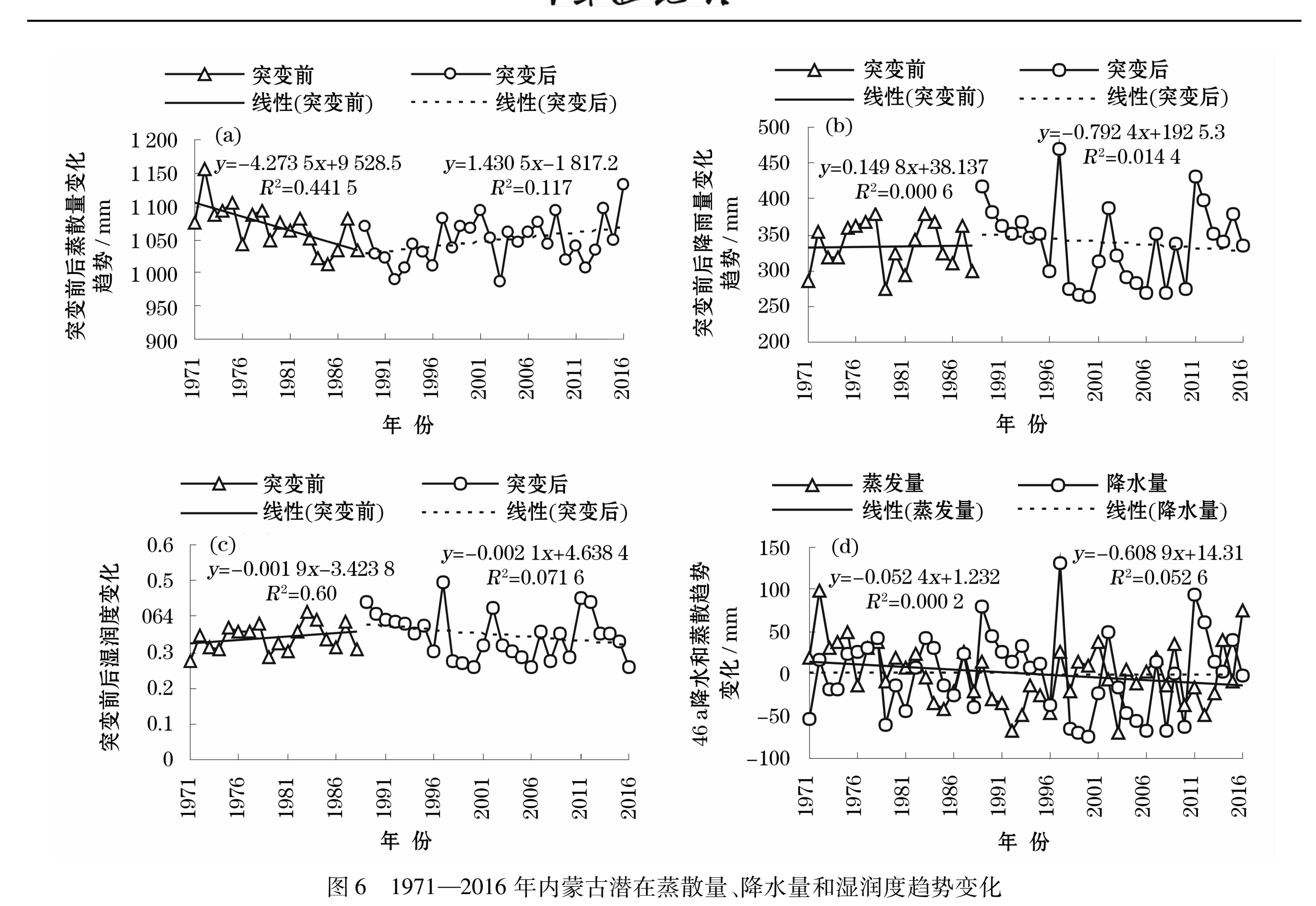


图 6 1971—2016 年内蒙古潜在蒸散量、降水量和湿润度趋势变化

Fig. 6 Potential evapotranspiration, precipitation and moisture index trend change in Inner Mongolia from 1971 to 2016

化的任务尤为艰巨。内蒙古东南部的赤峰市和通辽市农区、以及科尔沁沙地周边气候变化比较剧烈，多以增加和减少的镶嵌分布为主，ET_0 以增加为主，加之北部降水减少，气候灾害风险加剧；大兴安岭林区东部气候相对偏湿，主要是降水偏多引起，岭上镶嵌分布，干湿变化整体趋势不明显。

4 结论与讨论

4.1 结论

（1）1961—2016 年内蒙古地区年平均气温呈现出显著上升趋势，其气候倾向率为 0.365 ℃·(10 a)$^{-1}$，年平均气温突变年份为 1988 年。

（2）气温突变前内蒙古地区降水量东部区增加，中部偏北和西部区减少，气温突变后，中东大部地区降水呈减少趋势，乌兰察布市以西降水有增加趋势。整体来看，内蒙古西部具有区域性降水增加趋势。

（3）内蒙古大部地区 ET_0 气温突变前呈减少趋势，突变后呈增加趋势。气温突变后内蒙古中西部、东部偏南地区 ET_0 平均值减小。整体来看，近 46 a ET_0 大部地区呈减少趋势，相对于气温的不断增加，全区大部地区存在明显的“蒸发悖论”。

（4）气温突变前大部地区湿润度呈增加趋势，突变后中西部呈增加趋势，锡林郭勒盟和通辽市赤峰市北部降低趋势较为明显。突变后年平均湿润度乌兰察布市以西大部地区整体增加，以东以镶嵌分布为主。整体来看，呼伦贝尔和锡林郭勒盟草原区的降低趋势较为明显。

4.2 讨论

ET_0 和降水的研究多集中在地区时空分布和影响因子分析上[2,14,21-22]，在干旱半干旱区结合降水进行地区人工植被建设的优势气候背景的研究较少，在气温持续变暖的背景下，降水、ET_0 和湿润度在气温突变前后如何变化，这种变化对直线距离 2 400 km 东西部有何不同影响，对不同植被类型区的生态建设利弊有哪些，这是内蒙古地区当前急需明确的气候大背景，以便为后续的人工植被建设提供科学依据。结果也表明内蒙古东西部差异明显，整体来看，当前西部区 ET_0 下降，降水增加，处于有利的暖湿背景，而呼伦贝尔和锡林郭勒盟草原处于暖干的气候背景，草原保护形势严峻。气温突变后

比突变前 ET_0 呈减少趋势,近 46 a 大部分地区 ET_0 呈减少趋势,相对于气温的不断增加,全区大部地区存在明显的阶段性“蒸发悖论”,这主要是因为影响 ET_0 的因子存在明显的地区差异。TRENBERTH[23] 指出,地面温度升高会使地表蒸发加剧,使得大气保持水分的能力增加,意味着大气水分可能增长;地面蒸发能力增强将使干旱更易发生,同时为了与蒸发相平衡,降水也将增加,易发生洪涝灾害。同时内蒙古地区的降水强度和频率的时空分布也尤为重要[24],其实在某些情况下,若气象要素气候平均值明显变化,而变率不变的话,会导致极端天气气候事件的增加;气候平均值不变,变率增加,也会导致极端天气事件的增多[25]。因此,进一步探讨降水和蒸发年内时空分布和大气环流背景的关系,对地区干湿环境变化和生态评估意义重大[26-27],这方面的研究有待于加强,同时 ET_0 变化的主导气候因子的地区差别还需进一步分析,同时降水有效性、强度和频度的变化仍需探讨,降水量平均值变化不明显,但变率的增加也会加剧地区灾害风险,上述气候背景的变化都是地区人工植被建设和生态保护考虑的重要因素。

参考文献(References)

[1] IPCC. Climate change 2013:The physical science basis. contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. New York: Cambridge University Press,2013.

[2] 王小静,李志,赵姹,等. 北旱区 1961—2011 年参考作物蒸散量的时空分异[J]. 生态学报,2014,34(19):5609 - 5616. [WANG Xiaojing,LI Zhi,ZHAO Cha,et al. Spatiotemporal variations of the reference crop evapotranspiration in the arid region of northwest China during 1961—2011[J]. Acta Ecologica Sinica, 2014,34(19):5609 - 5616.]

[3] 王林,陈文. 标准化降水蒸散指数在中国干旱监测的适用性分析[J]. 高原气象,2014,33(2):423 - 431. [WANG Lin,CHEN Wen. Applicability analysis of standardized precipitation evapotranspiration index in drought monitoring in China[J]. Plateau Meteorology,2014,33(2):423 - 431]

[4] 明博,陶洪斌,王璞. 基于标准化降水蒸散指数研究干旱对北京地区作物产量的影响[J]. 中国农业大学学报,2013,18(5): 28 - 36. [MING Bo,TAO Hongbin,WANG Pu. Impact of drought on grain yield in Beijing investigated by SPEI-based methods[J]. Journal of China Agricultural University,2013,18(5):28 - 36.]

[5] BRUTSAERT W,PARLANGE M B. Hydrologic cycle explains the evaporation paradox[J]. Nature,1998,396(6706):30 - 30.

[6] GUO S L,GUO J,ZHANG J,et al. VIC distributed hydrological model to predict climate change impact in the Hanjiang Basin[J]. Science in China (Series E: Technological Sciences), 2009, 52 (11):3234 - 3239.

[7] 苑全治,吴绍洪,戴尔阜,等. 1961—2015 年中国气候干湿状况的时空分异[J]. 中国科学:地球科学,2017,47(11):1339 - 1348. [YUAN Quanzhi,WU Shaohong,DAI Erfu,et al. Spatiotemporal variation of the wet-dry conditions from 1961 to 2015 in China[J]. Scientia Sinica (Terrae),2017,47(11):1339 - 1348.]

[8] 王建兵,王素萍,汪治桂. 1971—2010 年若尔盖湿地潜在蒸散量及地表湿润度的变化趋势[J]. 地理科学,2015,35(2): 245 - 250. [WANG Jianbing,WANG Suping,WANG Zhihui. The variety characters of potential evapotranspiration and soil surface humidity index in the Zoige Wetland in 1971—2010[J]. Scientia Gergraphica Sinica,2015,35 (2):245 - 250.]

[9] 左德鹏,徐宗学,程磊,等. 基于辐射的潜在蒸散量估算方法适用性分析[J]. 干旱区地理,2011,34 (4):565 - 574. [ZUO Depeng, XU Zongxue, CHENG Lei, et al. Assessment on radiation based methods to estimate potential evapotranspiration[J]. Arid Land Geography,2011,34(4):565 - 574.]

[10] 曹雯,申双和,段春锋. 中国西北潜在蒸散时空演变特征及其定量化成因[J]. 生态学报,2012,32(11):3394 - 3403. [CAO Wen,SHEN Shuanghe,DUAN Chunfeng. Quantification of the causes for reference crop evapotranspiration changes in growing season in northwest China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 66 (3): 3394 - 3403.]

[11] WANG W,SHAO Q,PENG S,et al. Reference evapotranspiration change and the causes across the Yellow River Basin during 1957—2008 and their spatial and seasonal differences[J]. Water Resources Research,2012,48(5).

[12] LI Z,ZHENG F L,LIU W Z. Spatiotemporal characteristics of reference evapotranspiration during 1961—2009 and its projected changes during 2011—2099 on the Loess Plateau of China[J]. Agricultural and Forest Meteorology,2012,154:147 - 155.

[13] 徐羽,徐刚,吴艳飞,等. 重庆市参考作物蒸散量及湿润指数变化研究[J]. 水土保持研究,2015,22(3):176 - 181,187. [XU Yu,XU Gang,WU Yanfei,et al. Reference crop evapotranspiration and surface humidity index in Chongqing City[J]. Research of Soil and Water Conservation,2015,22(3):176 - 181,187.]

[14] 陈伏龙,冯平,吴泽斌. 三工河流域平原区蒸发量变化特征及影响因素[J]. 干旱区地理,2017,40(1):45 - 53. [CHEN Fulong,FENG Ping,WU Zebing. Changes of evaporation and impact factors in the plain region in Sangong River Basin[J]. Arid Land Geography,2017,40(1):45 - 53.]

[15] HU Q,PAN F,PAN X,et al. Spatial analysis of climate change in Inner Mongolia during 1961—2012, China[J]. Applied Geography,2015,60:254 - 260.

[16] RODERICK M L,FARQUHAR G D. The cause of decreased pan evaporation over the past 50 years[J]. Science,2002,298(5597): 1410 - 1411.

[17] PETERSON T V. Evaporation losing its strength[J]. Nature,1995, 377:687 - 688.

[18] RODERICK M L,FARQUHAR G D. The cause of decreased pan evaporation over the past 50 years[J]. Science,2002,298(5597): 1410 - 1411.

[19] 吴绍洪,尹云鹤,郑度,等. 近 30 年中国陆地表层干湿状况研究[J]. 中国科学:地球科学,2005,35(3):276 - 283. [WU Shaohong,YI Yunhe,ZHENG Du,et al. Characteristics of China dry-wet condition in recent 30 years[J]. Scientia Sinica(Terrae),

2005,35(3):276 – 283.]
[20] 申双和,张方敏,盛琼. 1975—2004 年中国湿润指数时空变化特征[J]. 农业工程学报,2009,25(1):11 – 15.[SHEN Shuanghe,ZHANG Fangmin,SHENG Qiong,et al. Spatio-temporal changes of wetness index in China from 1957 to 2004[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2009,25(1):11 – 15.]
[21] 韩盟伟,赵广举,穆兴民,等. 黄土高原 1959—2015 年潜在蒸发量的时空变化[J]. 干旱区地理,2017,40(5):997 – 1004.[HAN Mengwei,ZHAO Guangju,MU Xingmin,et al. Variation of ground water and precipitation in typical zone of Horqin Sandy area[J]. Arid Land Geography,2017,40(5):997 – 1004.]
[22] 岳祥飞,张铜会,赵学勇,等. 科尔沁沙地降雨特征分析——以奈曼旗为例[J]. 中国沙漠,2016,36(1):118 – 123.[YUE Xiangfei,ZHANG Tonghui,ZHAO Xueyong,et al. Characteristics of precipitation in growing season in the Horqin Sandy land:A case study in Naiman,Inner Mongolia,China[J]. Journal of Desert Research,2016,36(1):118 – 123.]
[23] TRENBERTH K E. Atmospheric moisture residence times and cycling:Implications for rainfall rates and climate change[J]. Climatic Change,1998,39(4):667 – 694.
[24] 孙凤华,杨素英,任国玉. 东北地区降水日数、强度和持续时间的年代际变化[J]. 应用气象学报,2007,18(5):610 – 618.[SUN Fenghua,YANG Suying,REN Guoyu. Decade variations of precipitation event frequency intensity and duration in the northeast China[J]. Journal of Applied Meteorological Science,2007,18(5):610 – 618.]
[25] 丁一汇. 气候变化[M]. 北京:气象出版社,2010:99 – 100.[DING Yihui. Climatic change[M]. Beijing:China Meteorological Press,2010:99 – 100.]
[26] 鲍媛媛,康志明. 2010 年亚洲夏季风环流异常特征及其对中国雨带的影响[J]. 高原气象,2014,33(5):1217 – 1228.[BAO Yuanyuan,KANG Zhiming. Abnormal features of Asian summer monsoon circulation and its effects on Chinese rain band in 2010[J]. Plateau Meteor,2014,33(5):1217 – 1228.]
[27] 程慧萍,贾晓静. 印度洋冬季海温异常对中国春季降水的影响[J]. 高原气象,2014,33(3):733 – 742.[CHENG Huiping,JIA Xiaojing. Influence of sea surface temperature anomalies of Indian Ocean in winter on precipitation over China in spring[J]. Plateau Meteor,2014,33(3):733 – 742.]

Dry and wet environment evolution and climatic background analysis of regional ecological construction in Inner Mongolia

DAI Hai-yan, LI Dan, NA Ri-su, CHEN Su-hua, DU Wa-la
(1 *Inner Mongolia Ecology and Agricultural Meteorology Centre*, *Hohhot* 010051, *Inner Mongolia*, *China*)

Abstract: The temperature in Inner Mongolia,China keeps increasing from 1971 to 2016. According to the result of MK mutation test,there was a sudden change of the annual average temperature in 1988. The temporal and spatial variation characteristics about the dry and wet environment of the main vegetation types in the region was derived based on the analysis of the change and the tendency rate of the precipitation,potential evapotranspiration and moisture index before and after the sudden change of the air temperature in the course of the late 46 years. The results showed that the precipitation had the pattern of an increasing trend in the east area but a decreasing trend in the west area before the sudden change of the temperature,and it turned to an opposite pattern after the sudden change of the temperature which meant a decrease trend in the east area but an increase trend in the west area. The areas with a precipitation trend rate in the past 46 years were mainly concentrated in the east of Hulun Buir League and most area of the western Ulanqab League. The evapotranspiration showed a decreasing trend before the sudden change of the temperature,but an increase trend after that change,and the latent evapotranspiration was significantly smaller after the sudden change of the temperature. The potential evaporation tendency was relatively small in most areas in the past 46 years with the exception only in the north-central part of Inner Mongolia. There was an obvious "evaporation paradox" in most parts of the region. The desert,steppe desert and desert steppe in the west region of Inner Mongolia were in the humid climate background,which was beneficial to the local vegetation construction and ecological recover. In southeastern Inner Mongolia,and the grasslands of Hulun Buir and Xilingol League there was a warming and drying tendency,which poses a potential degradation risk in the above steppe areas. It is required to strengthen the maintenance of natural fending and ecological stability of the grassland areas,to reduce human disturbance,and large-scale artificial vegetation construction should be prohibited at present. The conclusion can provide scientific basis for regional ecological construction,vegetation protection,reasonable utilization of regional climate resources and climate change solutions.

Key words: Inner Mongolia; climatic change; precipitation; potential evaporation; dry and humid change